

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-320727

(43)Date of publication of application : 16.11.2001

(51)Int.Cl.

H04N 9/73
 G06T 1/00
 H04N 1/60
 H04N 1/46
 H04N 9/04
 // H04N101:00

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 2000-139747

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 12.05.2000

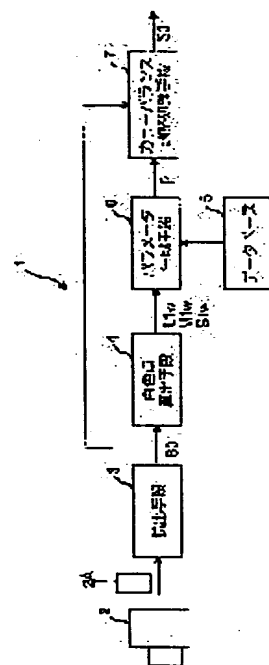
(72)Inventor : SAKAIDA HIDEYUKI

(54) THE COLOR BALANCE ADJUSTMENT METHOD AND DEVICE, AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To appropriately adjust the color balance of an image with respect to even an unknown light source.

SOLUTION: Parameters for color balance adjustment processing of the observation light source of an image from a photographing light source are stored in a database 5 about a plurality of known light sources. Image data S0 are read in a readout means 3, and the LMS tristimulus values of a white point are calculated in a white point calculation means 4. In the parameter generating means 6, a processing parameter P for adjusting the color balance of image data S0 is generated based on the calculated tristimulus values and the tristimulus values of the known light source having the white point near the calculated tristimulus values. In a color balance controlling means 7, the image data S0 are processed with the generated processing parameter P, and then processed image data S3 are obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-320727

(P2001-320727A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 4 N 9/73		H 0 4 N 9/73	A 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	5 1 0	G 0 6 T 1/00	5 1 0 5 C 0 6 5
H 0 4 N 1/60		H 0 4 N 9/04	B 5 C 0 6 6
1/46		101: 00	5 C 0 7 7
9/04		1/40	D 5 C 0 7 9
審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 23 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-139747(P2000-139747)

(22) 出願日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 境田 英之

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富
士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

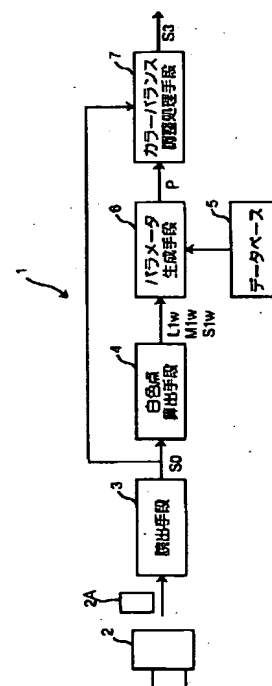
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カラーバランス調整方法および装置並びに記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 未知の光源であっても、適切に画像のカラーバランスを調整する。

【解決手段】 複数の既知光源について撮影光源から画像の観察光源へのカラーバランス調整処理のパラメータをデータベース5に記憶しておく。読出手段3において画像データS0を読み出し、白色点算出手段4において白色点のLMS三刺激値を算出する。パラメータ生成手段6においてこの三刺激値およびこの三刺激値に近い白色点を有する既知光源の三刺激値に基づいて、画像データS0のカラーバランスを調整するための処理パラメータPを生成する。生成された処理パラメータPにより画像データS0に対してカラーバランス調整手段7において処理が施されて処理済み画像データS3が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の撮影光源下において被写体を撮影することにより取得した画像を所定の観察光源下において観察する際に、前記画像を表す画像データまたは前記所定の観察光源とは異なる他の光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理が施された画像データに対してカラーバランスを調整する処理を施して処理済み画像データを得るカラーバランス調整方法において、

複数の光源について該各光源の白色点および該各光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための光源パラメータを予め記憶手段に記憶し、

前記撮影光源または前記他の光源の白色点を算出し、該撮影光源または前記他の光源の白色点に近い白色点を有する光源を前記複数の光源から選択し、前記撮影光源または前記他の光源の白色点および前記選択された光源の白色点に基づいて前記選択された光源の光源パラメータに対して補間演算を施して、前記撮影光源下または前記他の光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータを生成し、該処理パラメータに基づいて、前記画像データの三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換して前記処理済み画像データを得ることを特徴とするカラーバランス調整方法。

【請求項2】 前記補間演算は、前記選択された光源の白色点と前記撮影光源または前記他の光源の白色点との距離を算出し、該距離に基づいて前記光源パラメータを重み付け加算する演算であることを特徴とする請求項1記載のカラーバランス調整方法。

【請求項3】 前記重み付け加算による白色点のずれをさらに修正して前記処理パラメータを生成することを特徴とする請求項2記載のカラーバランス調整方法。

【請求項4】 前記三刺激値は、人間の視覚特性に関連する色空間における三刺激値であることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載のカラーバランス調整方法。

【請求項5】 前記三刺激値は、前記画像を撮影した撮影装置の分光特性に関連する色空間の三刺激値であることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載のカラーバランス調整方法。

【請求項6】 前記処理パラメータを新たな光源の光源パラメータとして、前記記憶手段に記憶することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載のカラーバランス調整方法。

【請求項7】 前記撮影光源または前記他の光源の指定を受け付け、該指定された撮影光源または他の光源に応じて、前記処理パラメータの生成と、該処理パラメータの生成とは異

なる他の方法による他の処理パラメータの生成とを切替可能としたことを特徴とする請求項1から6のいずれか1項記載のカラーバランス調整方法。

【請求項8】 所定の撮影光源下において被写体を撮影することにより取得した画像を所定の観察光源下において観察する際に、前記画像を表す画像データまたは前記所定の観察光源とは異なる他の光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理が施された画像データに対してカラーバランスを調整する処理を施して処理済み画像データを得るカラーバランス調整装置において、

複数の光源について該各光源の白色点および該各光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための光源パラメータを予め記憶した記憶手段と、

前記撮影光源または前記他の光源の白色点を算出する白色点算出手段と、

該撮影光源または前記他の光源の白色点に近い白色点を有する光源を前記複数の光源から選択し、前記撮影光源または前記他の光源の白色点および前記選択された光源の白色点に基づいて前記選択された光源の光源パラメータに対して補間演算を施して、前記撮影光源下または前記他の光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータを生成するパラメータ生成手段と、

該処理パラメータに基づいて、前記画像データの三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換して前記処理済み画像データを得る処理手段とを備えたことを特徴とするカラーバランス調整装置。

【請求項9】 前記パラメータ生成手段は、前記補間演算を、前記選択された光源の白色点と前記撮影光源または前記他の光源の白色点との距離を算出し、該距離に基づいて前記光源パラメータを重み付け加算することにより行う手段であることを特徴とする請求項8記載のカラーバランス調整装置。

【請求項10】 前記パラメータ生成手段は、前記重み付け加算による白色点のずれをさらに修正して前記処理パラメータを生成する手段であることを特徴とする請求項9記載のカラーバランス調整装置。

【請求項11】 前記三刺激値は、人間の視覚特性に関連する色空間における三刺激値であることを特徴とする請求項8から10のいずれか1項記載のカラーバランス調整装置。

【請求項12】 前記三刺激値は、前記画像を撮影した撮影装置の分光特性に関連する色空間の三刺激値であることを特徴とする請求項8から10のいずれか1項記載のカラーバランス調整装置。

【請求項13】 前記記憶手段は、前記処理パラメータを新たな光源の光源パラメータとして記憶する手段であることを特徴とする請求項8から12のいずれか1項

記載のカラーバランス調整装置。

【請求項14】 前記撮影光源または前記他の光源の指定を受け付ける受付手段と、
前記パラメータ生成手段における処理パラメータの生成とは異なる他の方法により他の処理パラメータの生成を行う他のパラメータ生成手段と、
前記受付手段による撮影光源または他の光源の指定に応じて、前記パラメータ生成手段による処理パラメータの生成と、前記他のパラメータ生成手段による他の処理パラメータの生成とを切り替える切替手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項8から13のいずれか1項記載のカラーバランス調整装置。

【請求項15】 所定の撮影光源下において被写体を撮影することにより取得した画像を所定の観察光源下において観察する際に、前記画像を表す画像データまたは前記所定の観察光源とは異なる他の光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理が施された画像データに対してカラーバランスを調整する処理を施して処理済み画像データを得るカラーバランス調整方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体において、
前記プログラムは、複数の光源について該各光源の白色点および該各光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための光源パラメータを予め記憶手段に記憶する手順と、
前記撮影光源または前記他の光源の白色点を算出する手順と、
該撮影光源または前記他の光源の白色点に近い白色点を有する光源を前記複数の光源から選択し、前記撮影光源または前記他の光源の白色点および前記選択された光源の白色点に基づいて前記選択された光源の光源パラメータに対して補間演算を施して、前記撮影光源下または前記他の光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータを生成する手順と、
該処理パラメータに基づいて、前記画像データの三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換して前記処理済み画像データを得る手順とを有することを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項16】 前記処理パラメータを生成する手順における前記補間演算は、前記選択された光源の白色点と前記撮影光源または前記他の光源の白色点との距離を算出する手順と、
該距離に基づいて前記光源パラメータを重み付け加算する手順とを有することを特徴とする請求項15記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項17】 前記処理パラメータを生成する手順は、前記重み付け加算による白色点のずれをさらに修正して前記処理パラメータを生成する手順であることを特徴とする請求項16記載のコンピュータ読取り可能な記

録媒体。

【請求項18】 前記三刺激値は、人間の視覚特性に関連する色空間における三刺激値であることを特徴とする請求項15から17のいずれか1項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項19】 前記三刺激値は、前記画像を撮影した撮影装置の分光特性に関連する色空間の三刺激値であることを特徴とする請求項15から17のいずれか1項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

10 【請求項20】 前記処理パラメータを新たな光源の光源パラメータとして、前記記憶手段に記憶する手順をさらに有することを特徴とする請求項15から19のいずれか1項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項21】 前記撮影光源または前記他の光源の指定を受け付ける手順と、
前記処理パラメータの生成とは異なる他の方法により他の処理パラメータを生成する手順と、
前記受け付ける手順による撮影光源または他の光源の指定に応じて、前記処理パラメータの生成と前記他の処理パラメータの生成とを切り替える手順とをさらに有することを特徴とする請求項15から20のいずれか1項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項22】 請求項8から14のいずれか1項記載のカラーバランス調整装置を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項23】 請求項8から14のいずれか1項記載のカラーバランス調整装置を備えたことを特徴とする出力装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像のカラーバランスを調整するカラーバランス調整方法および装置並びにカラーバランス調整方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】デジタル電子スチルカメラ（以下デジタルカメラとする）においては、撮影により取得した画像をデジタル画像データとしてデジタルカメラ内部に設けられた内部メモリやICカードなどの記録媒体に記憶し、記憶されたデジタル画像データに基づいて、プリントなどのハードコピーとしてあるいはディスプレイ上にソフトコピーとして撮影により取得した画像を再現することができる。このように、デジタルカメラにより取得した画像を再現する場合においては、ネガフィルムからプリントされた写真と同様の高品位な画質を有するものとするのが期待されている。

【0003】一方、人間の視覚には色順応といって、昼光やそれと分光エネルギー分布の異なる蛍光灯下やタングステン光下において白い紙を見ても、青っぽいあるい

は赤っぽいというようには知覚せず、基本的には白として認識する機構が作用する。このような色順応を考慮し、タングステン光、蛍光灯あるいは屋外の昼光のように撮影光源が異なっても、光源色に依存しない画像を得ることができるように、撮影された画像を表す画像データに対して撮影光源に応じたホワイトバランス調整処理(AWB処理)を自動的に施すようにした機能(AWB機能)を有するデジタルカメラが提案されている。

【0004】このような、ホワイトバランス調整方法としては、von Kriesの色順応予測式に従う方法が用いら

れている。この方法は、光源1において撮影した画像を

$$\begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}_2 = \begin{pmatrix} L_{2w}/L_{1w} & 0 & 0 \\ 0 & M_{2w}/M_{1w} & 0 \\ 0 & 0 & S_{2w}/S_{1w} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}_1 \quad (1)$$

しかしながら、von Kriesの色順応予測式に従う方法は、昼光光源の場合には白色以外の顔等の色も適切に調整することができるが、例えば蛍光灯やタングステン光のような特殊な光源下において撮影された画像については、白色以外の顔等の色が不自然な色に変換されてしま

うという問題がある。

【0006】このため、生理原色の変換を上記式(1)に示すように対角項にのみ0でない値を有するマトリクスを用いるのではなく、非対角項も0でない値を有するマトリクスを用いて行うことにより画像のカラーバランスを調整する方法も提案されている。以下この方法について説明する。

【0007】自然界の物体の分光反射率は3つの主成分により代表できることが一般的に知られている。したが

$\bar{i}(\lambda), \bar{m}(\lambda), \bar{s}(\lambda)$ とすると、光源1下でのLMS三刺激値 L_1, M_1, S_1 は、

$$\begin{aligned} L_1 &= \int_{VIS} F(\lambda) x(\lambda) \bar{i}(\lambda) d\lambda \\ &= a_1 \int_{VIS} F(\lambda) x_1(\lambda) \bar{i}(\lambda) d\lambda + a_2 \int_{VIS} F(\lambda) x_2(\lambda) \bar{i}(\lambda) d\lambda \\ &\quad + a_3 \int_{VIS} F(\lambda) x_3(\lambda) \bar{i}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} M_1 &= \int_{VIS} F(\lambda) x(\lambda) \bar{m}(\lambda) d\lambda \\ &= a_1 \int_{VIS} F(\lambda) x_1(\lambda) \bar{m}(\lambda) d\lambda + a_2 \int_{VIS} F(\lambda) x_2(\lambda) \bar{m}(\lambda) d\lambda \\ &\quad + a_3 \int_{VIS} F(\lambda) x_3(\lambda) \bar{m}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \int_{VIS} F(\lambda) x(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda \\ &= a_1 \int_{VIS} F(\lambda) x_1(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda + a_2 \int_{VIS} F(\lambda) x_2(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda \\ &\quad + a_3 \int_{VIS} F(\lambda) x_3(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (5)$$

となる。なお、式(3)～(5)において積分は可視領域の積分であるが、全スペクトル領域において積分を行ってもよい。ここで、光源1の分光放射分布 $F(\lambda)$ 、

生理原色の分光感度 $\bar{i}(\lambda), \bar{m}(\lambda), \bar{s}(\lambda)$ は既知なので、

$$\begin{aligned} L_{1i} &= \int_{VIS} F(\lambda) x_i(\lambda) \bar{i}(\lambda) d\lambda \\ M_{1i} &= \int_{VIS} F(\lambda) x_i(\lambda) \bar{m}(\lambda) d\lambda \quad (i=1\cdots3) \\ S_{1i} &= \int_{VIS} F(\lambda) x_i(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (6)$$

光源2下において観察する場合に、光源1および光源2の白色点の生理原色に基づく三刺激値が L_{1w}, M_{1w}, S_{1w} および L_{2w}, M_{2w}, S_{2w} であると

すると、ホワイトバランス調整前の光源1下における画像のLMS三刺激値 $(L, M, S)_1$ を、下記の式

(1)に示すようにホワイトバランス調整後の光源2下における画像のLMS三刺激値 $(L, M, S)_2$ に変換するものである。

【0005】

【数1】

$$\begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ S_{2w}/S_{1w} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}_1$$

って、撮影した物体の分光反射率は、3つの主成分 $x_1(\lambda), x_2(\lambda), x_3(\lambda)$ (λ :スペクトル周波数)の線形結合として下記の式(2)に示すように表すことができる。

【0008】

【数2】

$$x(\lambda) = a_1 x_1(\lambda) + a_2 x_2(\lambda) + a_3 x_3(\lambda) \quad (2)$$

但し、 a_1, a_2, a_3 は各主成分を重み付け加算する際の重みである。

【0009】光源1の分光放射分布を $F(\lambda)$ とし、三刺激値のL-cone, M-cone, S-coneをそれぞれ

【数3】

各主成分 $x_1(\lambda), x_2(\lambda), x_3(\lambda)$ および

【数4】

のように置き換えると、光源1下において分光反射率 x (1)の物体を見たときのLMS三刺激値は、

【数5】

$$\begin{pmatrix} L_1 \\ M_1 \\ S_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} \\ M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ S_{11} & S_{12} & S_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \quad (7)$$

となる。同様に、光源2下において分光反射率 x (1)の物体を見たときのLMS三刺激値は、

$$\begin{pmatrix} L_2 \\ M_2 \\ S_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{21} & L_{22} & L_{23} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} \\ M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ S_{11} & S_{12} & S_{13} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} L_1 \\ M_1 \\ S_1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

となり、光源1下におけるLMS三刺激値(y_1 とする)から光源2下におけるLMS三刺激値(y_2 とする)への変換は、式(9)より、

【数8】

$$y_2 = P_2 P_1^{-1} y_1 \quad (10)$$

但し

$$P_1 = \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} \\ M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ S_{11} & S_{12} & S_{13} \end{pmatrix}$$

$$P_2 = \begin{pmatrix} L_{21} & L_{22} & L_{23} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \end{pmatrix}$$

のように非対角成分をも有する 3×3 のマトリクス $P_2 P_1^{-1}$ により行うことができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、デジタルカメラにより撮影を行うことにより得られた画像データは、どのような光源下において撮影を行うことにより得られたものであるかは不明であり、その結果、撮影時の光源の分光強度分布も不明であることから、上記式(10)におけるマトリクス P_1 を求めることができず、その結果変換に使用する 3×3 のマトリクスを得ることができないという問題がある。また、デジタルカメラにおいて得られる画像データは、すでにカラーバランス調整処理が施されている場合があるが、このような場合、得られる画像データはどのような観察光源を前提としてカラーバランス調整処理が施されているか分からない。このため、このようにすでにカラーバランス調整処理が施された画像データに対して、ある特定の観察光源下において画像を観察するためにカラーバランスを調整処理を施す場合、上記と同様に変換に使用するマトリクスを得ることができない。

【0011】本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、カラーバランスの調整を行うためのマトリクスが未知の光源下において撮影された画像であっても、またす

【数6】

$$\begin{pmatrix} L_2 \\ M_2 \\ S_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{21} & L_{22} & L_{23} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \quad (8)$$

となる。式(7)および(8)から a_1 、 a_2 、 a_3 を消去すると、

【数7】

でにカラーバランス調整処理が施された画像であっても、適切にカラーバランスを調整できるカラーバランス調整方法および装置並びにカラーバランス調整方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

20 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によるカラーバランス調整方法は、所定の撮影光源下において被写体を撮影することにより取得した画像を所定の観察光源下において観察する際に、前記画像を表す画像データに対してまたは前記所定の観察光源とは異なる他の光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理が施された画像データカラーバランスを調整する処理を施して処理済み画像データを得るカラーバランス調整方法において、複数の光源について該各光源の白色点および該各光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための光源パラメータを予め記憶手段に記憶し、前記撮影光源または前記他の光源の白色点を算出し、該撮影光源または前記他の光源の白色点に近い白色点を有する光源を前記複数の光源から選択し、前記撮影光源または前記他の光源の白色点および前記選択された光源の白色点に基づいて前記選択された光源の光源パラメータに対して補間演算を施して、前記撮影光源下または前記他の光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータを生成し、該処理パラメータに基づいて、前記画像データの三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換して前記処理済み画像データを得ることを特徴とするものである。

【0013】複数の光源から選択された光源は複数である必要はなく、1つのみであってもよい。

【0014】「三刺激値」としては、撮影を行う撮像装置の分光特性に関連する色空間の三刺激値(例えばRGB三刺激値)であってもよく、人間の視覚特性に関連する色空間の三刺激値(例えば生理原色に基づくLMS三刺激値)であってもよい。

【0015】「光源パラメータ」とは、ある光源下において撮影を行うことにより得られた画像を観察光源下において観察する際に、光源に依存しない色の画像を得ることができるように、その光源下における三刺激値を観察光源下の三刺激値に変換するためのパラメータである。

【0016】なお、本発明によるカラーバランス調整方法においては、前記補間演算は、前記選択された光源の白色点と前記撮影光源または前記他の光源の白色点との距離を算出し、該距離に基づいて前記光源パラメータを重み付け加算する演算であることが好ましい。

【0017】この場合、前記重み付け加算による白色点のずれをさらに修正して前記処理パラメータを生成することが好ましい。

【0018】また、本発明によるカラーバランス調整方法においては、前記処理パラメータを新たな光源の光源パラメータとして、前記記憶手段に記憶することが好ましい。

【0019】さらに、本発明によるカラーバランス調整方法においては、前記撮影光源または前記他の光源の指定を受け付け、該指定された撮影光源または他の光源に応じて、前記処理パラメータの生成と、該処理パラメータの生成とは異なる他の方法による他の処理パラメータの生成とを切替可能とすることが好ましい。

【0020】ここで、撮影光源または他の光源の指定の受け付けは、例えば本発明を実施するための装置において、キーボード、光源を指定するキー等からの入力を受け付けることにより行うことができる。また、撮影時に画像データに撮影光源に関する情報を付与しておく、またはカラーバランス調整処理時に観察を前提とする他の光源の情報を付与しておき、処理パラメータの生成時に画像データに付与された撮影光源または他の光源に関する情報を読み取ることにより、撮影光源または他の光源の指定を受け付けるようにしてもよい。

【0021】「他の方法」とは、本発明によるカラーバランス調整方法における処理パラメータの生成よりも簡易な処理により処理パラメータを生成する方法であり、例えば上述したvon Kriesの色順応予測式に基づく方法、画像データがRGB色信号からなる場合に、各色信号の平均値を一致させる方法等を採用することができる。

【0022】本発明によるカラーバランス調整装置は、所定の撮影光源下において被写体を撮影することにより取得した画像を所定の観察光源下において観察する際に、前記画像を表す画像データまたは前記所定の観察光源とは異なる他の光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理が施された画像データに対してカラーバランスを調整する処理を施して処理済み画像データを得るカラーバランス調整装置において、複数の光源について該各光源の白色点および該各光源下にお

ける三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための光源パラメータを予め記憶した記憶手段と、前記撮影光源または前記他の光源の白色点を算出する白色点算出手段と、該撮影光源または前記他の光源の白色点に近い白色点を有する光源を前記複数の光源から選択し、前記撮影光源または前記他の光源の白色点および前記選択された光源の白色点に基づいて前記選択された光源の光源パラメータに対して補間演算を施して、前記撮影光源下または前記他の光源下における三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータを生成するパラメータ生成手段と、該処理パラメータに基づいて、前記画像データの三刺激値を前記観察光源下における三刺激値に変換して前記処理済み画像データを得る処理手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0023】なお、本発明によるカラーバランス調整装置においては、前記パラメータ生成手段は、前記補間演算を、前記選択された光源の白色点と前記撮影光源または前記他の光源の白色点との距離を算出し、該距離に基づいて前記光源パラメータを重み付け加算することにより行う手段であることが好ましい。

【0024】この場合、前記パラメータ生成手段は、前記重み付け加算による白色点のずれをさらに修正して前記処理パラメータを生成する手段であることが好ましい。

【0025】なお、前記三刺激値は、人間の視覚特性に関連する色空間における三刺激値であってもよく、前記画像を撮影した撮影装置の分光特性に関連する色空間の三刺激値であってもよい。

【0026】また、本発明によるカラーバランス調整装置においては、前記記憶手段は、前記処理パラメータを新たな光源の光源パラメータとして記憶する手段であることが好ましい。

【0027】さらに、本発明によるカラーバランス調整装置においては、前記撮影光源または前記他の光源の指定を受け付ける受付手段と、前記パラメータ生成手段における処理パラメータの生成とは異なる他の方法により他の処理パラメータの生成を行う他のパラメータ生成手段と、前記受付手段による撮影光源または他の光源の指定に応じて、前記パラメータ生成手段による処理パラメータの生成と、前記他のパラメータ生成手段による他の処理パラメータの生成とを切り替える切替手段とをさらに備えることが好ましい。

【0028】なお、本発明によるカラーバランス調整方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

【0029】また、本発明によるカラーバランス調整装置を、デジタルカメラのような撮像装置に設けてもよい。

【0030】さらに、本発明によるカラーバランス調整装置を、プリンタ、モニタのような出力装置に設けてもよい。

【0031】

【発明の効果】本発明によれば、複数の光源についての白色点および各光源下における三刺激値を、画像を観察する観察光源下における三刺激値に変換するための光源パラメータが予め用意されて記憶手段に記憶されている。そして、撮影により取得された画像の白色点が算出され、複数の光源から撮影光源または所定の観察光源とは異なる他の光源の白色点に近い白色点を有する光源が選択される。次いで、撮影光源または他の光源の白色点および選択された光源の白色点に基づいて、選択された光源の光源パラメータに対して補間演算を施して、撮影光源下または他の光源下における三刺激値を観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータが生成される。これは例えば三刺激値の色空間において、選択された光源の白色点および撮影光源または他の光源の白色点をプロットし、選択された光源の白色点と撮影光源または他の光源の白色点との距離を求め、この距離に応じて選択された光源の光源パラメータを重み付け加算することにより求められる。そして生成された処理パラメータにより画像データの三刺激値を観察光源下における三刺激値に変換することにより処理済み画像データが得られる。

【0032】したがって、本発明によれば、撮影光源下または他の光源下における三刺激値を観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータが未知であっても、光源パラメータからその処理パラメータを求めることができるため、この処理パラメータにより画像データの三刺激値を変換することによって得られた処理済み画像データにより表される処理済み画像を、適切にカラーバランスが調整されたものとして行うことができる。

【0033】また、三刺激値の色空間において、選択された光源の白色点と撮影光源または他の光源との白色点との距離を算出し、この距離に基づいて光源パラメータを重み付け加算することにより、簡易な演算により処理パラメータを生成できるため、処理パラメータ生成のための演算時間を短縮できる。

【0034】この場合、三刺激値の色空間において、撮影光源または他の光源の白色点が複数の光源の白色点を結んだ直線上に位置する場合には、撮影光源下または他の光源下における三刺激値を観察光源下における三刺激値に変換するための処理パラメータを適切に得ることができる。しかしながら、撮影光源または他の光源の白色点が複数の光源の白色点を結んだ直線上に位置しない場合には、得られた処理パラメータにより撮影光源下または他の光源下における画像データの三刺激値を変換すると、処理済み画像の白色点が本来得られるべき白色点からずれてしまい、処理済み画像の色が不自然なものとな

ってしまう。このため、重み付け加算による白色点のずれを修正することにより、不自然な色のない処理済み画像を得ることができる。

【0035】また、三刺激値を人間の視覚特性に関連する色空間の三刺激値とすることにより、人間がものを見た際に認識する色に基づいてカラーバランス調整を行うことができるため、見た目の印象に忠実な画像が再現されるようなカラーバランス調整処理を行うことができる。

【0036】さらに、三刺激値を画像を撮影した撮影装置の分光特性に関連する色空間の三刺激値とすることにより、デジタルカメラなどの撮影装置において取得されたデータに対して何ら色変換を行うことなくカラーバランス調整処理を行うことができるため、装置の構成を簡易なものとして行うことができ、かつ処理を高速に行うことができる。

【0037】また、生成された処理パラメータを新たな光源の光源パラメータとして記憶手段に記憶することにより、この新たな光源と同一の撮影光源において撮影を行うことにより得られた画像またはこの新たな光源と同一の光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理が施された画像のカラーバランスを調整する際には、同一の演算を行って処理パラメータを生成する必要がなくなるため、カラーバランス調整処理を効率よく行うことができる。

【0038】さらに、処理パラメータの生成と、他の方法による処理パラメータの生成とを撮影光源または他の光源の指定に応じて切替可能とすることにより、例えば昼光下において撮影を行うことにより得られた画像のように簡易に処理パラメータを生成することができる場合には、他の方法により処理パラメータを生成すれば、処理を高速に行うことができる。

【0039】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0040】図1は本発明の第1の実施形態によるカラーバランス調整装置の構成を示す概略ブロック図である。図1に示すように、本実施形態によるカラーバランス調整装置1は、デジタルカメラ2においてシーンを撮影することにより取得された画像データS0に対してカラーバランス調整処理を施して処理済み画像データS3を得るためのものであり、画像データS0が記憶されたメモリーカード2Aから画像データS0を読み出すカードスロット等の読出手段3と、画像データS0から画像データS0により表される画像における白色点の生理原色に基づく三刺激値 L_{1w} 、 M_{1w} 、 S_{1w} を算出する白色点算出手段4と、複数の光源（以下既知光源とする）について各既知光源下における三刺激値を、処理済み画像データS3を観察する観察光源下における三刺激値に変換するためのパラメータ（以下既知光源パラメータと

する) および各既知光源の白色点の三刺激値を記憶したデータベース5と、後述するように画像データS0に対してカラーバランス調整処理を施すための処理パラメータPをデータベース5に記憶された既知光源パラメータに基づいて生成するパラメータ生成手段6と、パラメータ生成手段6において生成された処理パラメータPに基づいて画像データS0に対してカラーバランス調整処理を施して処理済み画像データS3を得るカラーバランス調整処理手段7とを備える。

【0041】なお、第1の実施形態においては、撮影者はデジタルカメラ2により普通蛍光灯のように、その光源下における三刺激値を観察光源下における三刺激値に変換するためのパラメータが未知の光源下(光源1とする)においてシーンの撮影を行うことにより、画像データS0を取得したものとす。また、処理済み画像データS3の観察光源を光源2とする。

【0042】ここで、デジタルカメラ2において取得された画像データS0は、ITU Rec. 709規格に準拠したRGB各色8ビットの信号値からなるものとし、各信号値をR0、G0、B0として説明する。

【0043】白色点算出手段4は、画像データS0を構成する各色信号R0、G0、B0を下記の式(11)、(12)により0~1の値に正規化された信号値R1に変換する。

【0044】

【数9】

$$R' = R/255 \quad (11)$$

$$R1 = \begin{cases} \left(\frac{R' + 0.099}{1.099} \right)^{1/0.45} & (R' \geq 0.081) \\ R' / 4.5 & (R' < 0.081) \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{pmatrix} X_{1w} \\ Y_{1w} \\ Z_{1w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 41.24 & 35.76 & 18.05 \\ 21.26 & 71.52 & 7.22 \\ 1.93 & 11.92 & 95.05 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{pmatrix} \quad (14)$$

さらに、三刺激値 X_{1w} 、 Y_{1w} 、 Z_{1w} を下記の式(15)により生理原色に基づく三刺激値に変換し、これを光源1下において撮影を行うことにより得られた画像データS0により表される画像における白色点の生理原色に基づく三刺激値 L_{1w} 、 M_{1w} 、 S_{1w} とする。

【0048】

【数12】

$$\begin{pmatrix} L_{1w} \\ M_{1w} \\ S_{1w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.4002 & 0.7076 & -0.0808 \\ -0.2263 & 1.1653 & 0.0457 \\ 0.0 & 0.0 & 0.9182 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{1w} \\ Y_{1w} \\ Z_{1w} \end{pmatrix} \quad (15)$$

データベース5には複数の既知光源について、各既知光源下における三刺激値を光源2下における三刺激値に変換するための既知光源パラメータが記憶されている。な

なお、ここでは色信号R1についてのみ説明したが、信号値G1、B1についても信号値R1と同様の演算により求める。

【0045】次いで、画像データS0により表される画像の全画素数Nを用いて、下記の式(13)により信号値R1、G1、B1の平均値R2、G2、B2を算出する。

【0046】

【数10】

$$\begin{aligned} R2 &= \frac{1}{N} \int_{\text{全画素}} R1 \\ G2 &= \frac{1}{N} \int_{\text{全画素}} G1 \\ B2 &= \frac{1}{N} \int_{\text{全画素}} B1 \end{aligned} \quad (13)$$

そして、算出された平均値R2、G2、B2を下記の式(14)によりCIE1931XYZ三刺激値に変換し、これを画像データS0により表される画像における白色点の三刺激値 X_{1w} 、 Y_{1w} 、 Z_{1w} とする。

【0047】

【数11】

お、この既知光源パラメータは上記式(10)における 3×3 のマトリクスである。また、既知光源パラメータは既知光源の白色点の三刺激値と対応付けられてデータベース5に記憶されている。

【0049】ここで、既知光源パラメータの算出について説明する。既知光源の分光強度分布は既知であり、観察光源である光源2の分光強度分布も既知である。例えば処理済み画像データS3をプリント出力する場合は観察光源はCIE-D50であり、モニタに再生する場合はCIE-D65である。したがって、上記式(2)~(10)により、下記の式(16)に示すように、ある既知光源A下におけるLMS三刺激値を光源2下におけるLMS三刺激値に変換するための 3×3 のマトリクス $P_2 P_A^{-1}$ を求めることができる。そしてこのマトリ

クス $P_2 P_A^{-1}$ が既知光源パラメータとしてデータベース5に記憶されてなるものである。なお、マトリクス P_2 とマトリクス P_A^{-1} とを別個に求め、マトリクス P_A^{-1} を既知光源パラメータとしてもよい。

$$【0050】 y_2 = P_2 P_A^{-1} y_A \quad (16)$$

但し、 y_2 : 光源2下におけるLMS三刺激値

y_A : 既知光源A下におけるLMS三刺激値

P_2 : 光源2下において分光反射率 $x(\lambda)$ の物体を見たときのLMS値を求めるための 3×3 のマトリクス

P_A : 既知光源A下において分光反射率 $x(\lambda)$ の物体を見たときのLMS値を求めるための 3×3 のマトリクス

なお、例えばマンセルカラーチップ中の1269色の様に多数色の分光反射率データを用いて、既知光源Aおよび光源2下におけるLMS三刺激値を求め、最小二乗法などによって三刺激値 y_A を三刺激値 y_2 に変換するためのマトリクスを既知光源パラメータとして求めるようにしてもよい。ここで、求めたマトリクスは $P_2 P_A^{-1}$ に相当するため、上記式(8)によりマトリクス P_2 を求め、これを用いてマトリクス P_A^{-1} を求めれば、マトリクス P_2 とマトリクス P_A^{-1} とを別個に得ることができる。

【0051】また、既知光源Aの白色が光源2の白色に変換されるように、マトリクスを決定することもできる。これはまず、上記マンセルカラーチップのような多数色の分光反射率データを用いて、既知光源Aおよび光源2下におけるLMS三刺激値を求め、最小二乗法などによって三刺激値 y_A を三刺激値 y_2 に変換するためのマトリクスを求める。この際、既知光源Aにおける白色が光源2の白色に変換されるよう、下記の式(17)に示すように、求めるマトリクスをvon Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスVと、三刺激値 y_A に垂直なマトリクスV'とに分解してマトリクスV、V'を求める。

【0052】

$$y_2 = (V_A + V_A') y_A \quad (17)$$

但し、 $V_A' y_A = 0$

この場合、 $P_2 P_A^{-1} = V_A + V_A'$ となる。このように、既知光源Aの白色が光源2の白色に変換されるように、マトリクスを決定することにより、既知光源A下における白色と光源2下における白色とを一致させることができるため、より好ましい。なお、上記式(8)によりマトリクス P_2 を求め、これを用いてマトリクス P_A^{-1} を求めれば、マトリクス P_2 とマトリクス P_A^{-1} とを別個に得ることができる。

【0053】パラメータ生成手段6は、光源1の白色点の三刺激値 L_{1w} 、 M_{1w} 、 S_{1w} および光源1の白色点に近い白色点を有する既知光源の白色点の三刺激値に

$$P_C = \alpha P_2 P_A^{-1} + (1 - \alpha) P_2 P_B^{-1} \quad (20)$$

なお、マトリクス P_2 、 P_A^{-1} 、 P_B^{-1} がそれぞれ

基づいて、データベース5に記憶された既知光源パラメータから画像データS0のカラーバランス調整処理を行うための処理パラメータPを生成するものである。以下、この処理パラメータPの生成について説明する。

【0054】まず、パラメータ生成手段6は、LMS色空間において白色点算出手段4から入力された白色点の三刺激値 L_{1w} 、 M_{1w} 、 S_{1w} と、データベース5に記憶された既知光源の白色点の三刺激値との距離を求め、この距離が最も小さい2つの既知光源を選択する。具体的には、データベース5に記憶された既知光源の白色点の三刺激値および三刺激値 L_{1w} 、 M_{1w} 、 S_{1w} をLMS色空間にプロットし、LMS色空間において、光源1の白色点に最も近い位置にあるすなわち同種の光源と見なすことができる既知光源を選択する。ここでは、図2に示すように既知光源A、Bが選択されたものとする。

【0055】ここで、既知光源Aの既知光源パラメータは上記式(16)における $P_2 P_A^{-1}$ であり、既知光源Bの既知光源パラメータは下記の式(18)における $P_2 P_B^{-1}$ である。

$$【0056】 y_2 = P_2 P_B^{-1} y_B \quad (18)$$

但し、 y_B : 既知光源B下におけるLMS三刺激値

P_B : 既知光源B下において分光反射率 $x(\lambda)$ の物体を見たときのLMS値を求めるための 3×3 のマトリクス

また、上記式(17)と同様に、下記の式(19)により既知光源Bのパラメータを求めることもできる。

【0057】

$$y_2 = (V_B + V_B') y_B \quad (19)$$

但し、 $V_B' y_B = 0$

このように2つの既知光源A、Bが選択されると、LMS色空間上において既知光源A、Bの白色点(点A、Bとする)を結ぶ直線ABと、光源1の白色点(図2における×点)から直線ABに下した垂線との交点Cを求める。ここで、交点Cにより直線ABが $1 - \alpha : \alpha$ の分割比率により分割されたとすると、交点Cは、図3に示すように既知光源Aの分光強度分布と既知光源Bの分光強度分布とを $\alpha : 1 - \alpha$ の割合で合成した分光強度分布を有する光源の白色点に相当するものとなる。

【0058】上記のようにして交点Cが求められると、既知光源A、Bの既知光源パラメータに対して補間演算を施すことにより、交点Cに対応する光源におけるパラメータを算出する。

【0059】具体的には、上述したように算出した α に基づいて、交点Cに対応する光源下におけるLMS三刺激値を光源2下におけるLMS三刺激値に変換するためのマトリクス P_C を下記の式(20)により求める。

【0060】

別個に求められている場合には、下記の式(20')に

示すようにマトリクスPcを求めることができる。

$$Pc = P_2 (\alpha P_A + (1-\alpha) P_B)^{-1} \quad (20')$$

したがって、交点Cに対応する光源下におけるLMS三刺激値ycは下記の式(21)により光源2下におけるLMS三刺激値に変換することができる。

$$【0062】 y_2 = P c y_c \quad (21)$$

一方、上記交点CはLMS色空間において既知光源A、Bの白色点を結ぶ直線AB上にあり光源1とは一致していない。したがって、光源1下における白色が光源2下における白色に変換されるように下記のようにしてマトリクスPcを補正する。まず、マトリクスPcに補正マトリクスΔPを加算して、下記の式(22)に示すように、光源1下における白色が光源2下における白色に変換されるようにすることを考える。

【0063】

【数13】

$$\begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = (P_c + \Delta P) \begin{pmatrix} L_{1w} \\ M_{1w} \\ S_{1w} \end{pmatrix} \quad (22)$$

但し、L_{1w}、M_{1w}、S_{1w}：光源1の白色点の生理原色に基づく三刺激値

L_{2w}、M_{2w}、S_{2w}：光源2の白色点の生理原色に基づく三刺激値

次いで、マトリクスPcおよびΔPを、下記の式(23)、(24)に示すように、光源1から光源2へのvon Kriesの色順応予測式に従う成分Vと、その他の成分QcおよびΔQとに分解する。

$$【0064】 P c = Q c V \quad (23)$$

$$\Delta P = \Delta Q V \quad (24)$$

ここで、三刺激値L_{1w}、M_{1w}、S_{1w}と三刺激値L_{2w}、M_{2w}、S_{2w}とは下記の式(25)に示す関係にあることから、式(23)および(24)を式(22)に代入すると下記の式(26)となる。

【0065】

【数14】

【0061】

$$\begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = V \begin{pmatrix} L_{1w} \\ M_{1w} \\ S_{1w} \end{pmatrix} \quad (25)$$

$$\begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = (Q_c V + \Delta Q V) \begin{pmatrix} L_{1w} \\ M_{1w} \\ S_{1w} \end{pmatrix}$$

$$= (Q_c + \Delta Q) V \begin{pmatrix} L_{1w} \\ M_{1w} \\ S_{1w} \end{pmatrix}$$

$$= (Q_c + \Delta Q) \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} \quad (26)$$

式(26)を変形すると下記の式(27)となる。

【0066】

【数15】

$$\Delta Q \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = (E - Q_c) \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} \quad (27)$$

但し、E：単位行列式(23)より

$$Q_c = P c V^{-1} \quad (28)$$

であることから、式(27)の右辺は既知である。したがって、

【数16】

$$\Delta Q = \begin{pmatrix} q_{00} & q_{01} & q_{02} \\ q_{10} & q_{11} & q_{12} \\ q_{20} & q_{21} & q_{22} \end{pmatrix} (E - Q_c) \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_0 \\ e_1 \\ e_2 \end{pmatrix}$$

のように置き換えを行うと、

【数17】

$$\begin{pmatrix} q_{00} & q_{01} & q_{02} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = e_0$$

$$\begin{pmatrix} q_{10} & q_{11} & q_{12} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = e_1$$

$$\begin{pmatrix} q_{20} & q_{21} & q_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} = e_2$$

となる。ここで、ベクトル(q₀₀, q₀₁, q₀₂)、(q₁₀, q₁₁, q₁₂)、(q₂₀, q₂₁, q₂₂)の値が最小となれば補正マトリクスΔPの成分も最小となるため、マトリクスPcに少ない補正を

加えるのみで、光源1下における白色点を光源2下における白色点に変換できることとなる。

【0067】ベクトル (q_{00}, q_{01}, q_{02}) 、 (q_{10}, q_{11}, q_{12}) 、 (q_{20}, q_{21}, q_{22}) の値が最小となるのは、これらのベクトルがベクトル (L_{2w}, M_{2w}, S_{2w}) に平行な場合である。したがって、下記の式(29)～(31)によりベクトル (q_{00}, q_{01}, q_{02}) 、 (q_{10}, q_{11}, q_{12}) 、 (q_{20}, q_{21}, q_{22}) を決定することにより、マトリクス ΔQ を求める。

【0068】

【数18】

$$\begin{pmatrix} q_{00} \\ q_{01} \\ q_{02} \end{pmatrix} = \frac{e_0}{|L_{2w} \ M_{2w} \ S_{2w}|^2} \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} \quad (29)$$

$$\begin{pmatrix} q_{10} \\ q_{11} \\ q_{12} \end{pmatrix} = \frac{e_1}{|L_{2w} \ M_{2w} \ S_{2w}|^2} \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} \quad (30)$$

$$\begin{pmatrix} q_{20} \\ q_{21} \\ q_{22} \end{pmatrix} = \frac{e_2}{|L_{2w} \ M_{2w} \ S_{2w}|^2} \begin{pmatrix} L_{2w} \\ M_{2w} \\ S_{2w} \end{pmatrix} \quad (31)$$

よって、補正マトリクス ΔP は上記式(24)により求めることができる。これにより、光源1下におけるLMS三刺激値を光源2下におけるLMS三刺激値に変換するためのマトリクスMは、

$$M = P_c + \Delta P \quad (32)$$

により求めることができる。

$$\begin{pmatrix} L1 \\ M1 \\ S1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.4002 & 0.7076 & -0.0808 \\ -0.2263 & 1.1653 & 0.0457 \\ 0.0 & 0.0 & 0.9182 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} \quad (34)$$

そして、下記の式(35)により上記マトリクスMを用いて三刺激値L1, M1, S1を変換して変換済み三刺激値L3, M3, S3を得る。

【0073】

【数21】

$$\begin{pmatrix} L3 \\ M3 \\ S3 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} L1 \\ M1 \\ S1 \end{pmatrix} \quad (35)$$

そして変換済み三刺激値L3, M3, S3に対して、式(34)および式(33)の逆変換を施して、処理済み画像データS3を構成する処理済み信号R3, G3, B3を得る。

【0074】次いで、本実施形態の動作について説明する。

【0075】図4は第1の実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、デジタルカメラ2において撮影

【0069】このマトリクスMは、光源1下における白色点の三刺激値を光源2下における白色点の三刺激値に変換する。また、交点Cに対応する光源下におけるLMS三刺激値を光源2下におけるLMS三刺激値に変換するためのマトリクス P_c を補正したものであるため、光源1下におけるLMS三刺激値を光源2下におけるLMS三刺激値に変換する特徴をも備えたものとなっている。

【0070】そして、このようにして生成されたマトリクスMは処理パラメータPとしてカラーバランス調整処理手段7に入力される。カラーバランス調整処理手段7においては、まず、画像データS0を構成する色信号R0, G0, B0を上記式(11)、(12)により正規化された信号値R1, G1, B1に変換する。そして、下記の式(33)により信号値R1, G1, B1をCIE1931XYZ三刺激値X1, Y1, Z1に変換する。

【0071】

【数19】

$$\begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 41.24 & 35.76 & 18.05 \\ 21.26 & 71.52 & 7.22 \\ 1.93 & 11.92 & 95.05 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} \quad (33)$$

さらに、三刺激値X1, Y1, Z1を下記の式(34)により生理原色に基づく三刺激値L1, M1, S1に変換する。

【0072】

【数20】

が行われて画像データS0が記憶されたメモリカード2Aから、読出手段3において画像データS0が読み出される(ステップS1)。そして、白色点算出手段4において画像データS0の白色点のLMS三刺激値 L_{1w} , M_{1w} , S_{1w} が算出される(ステップS2)。そしてパラメータ生成手段6において、この白色点のLMS三刺激値 L_{1w} , M_{1w} , S_{1w} およびこの白色点に近い白色点を有する既知光源の白色点の三刺激値に基づいて、既知光源のパラメータから画像データS0を変換するためのマトリクスMが処理パラメータPとして生成される(ステップS3)。このように生成された処理パラメータPはカラーバランス調整処理手段7に入力され、この処理パラメータPにより画像データS0に対してカラーバランスを調整する処理が施されて処理済み画像データS3が得られ(ステップS4)、処理を終了する。

【0076】このように、第1の実施形態においては、既知光源A, Bの既知光源パラメータから、光源1下に

において撮影を行うことにより得られた画像データS0に対してカラーバランス調整処理を施すための処理パラメータPを求めるようにしたため、この処理パラメータPにより光源1下において得られた画像データS0のカラーバランスを調整すれば、適切なカラーバランスを有する画像を再現可能な処理済み画像データS3を得ることができる。

【0077】また、選択された既知光源A、Bの白色点と光源1との白色点との距離ABを算出し、この距離ABおよび光源1から直線ABに下した垂線との交点Cに基づいて既知光源A、Bのパラメータを重み付け加算することにより、簡易な演算により処理パラメータPを生成できるため、処理パラメータPの生成のための演算時間を短縮できる。

【0078】さらに、人間の視覚特性に関連する色空間であるLMS色空間においてカラーバランス調整処理を行っているため、人間がものを見た際に認識する色に基づいてカラーバランス調整を行うことができ、これにより、見た目の印象に忠実な画像が再現されるようなカラーバランス調整処理を行うことができる。

【0079】次いで、本発明の第2の実施形態について説明する。図5は本発明の第2の実施形態によるカラーバランス調整装置の構成を示す概略ブロック図である。なお、第2の実施形態において、第1の実施形態と同一の構成については同一の参照番号を付し、詳細な説明は省略する。第2の実施形態によるカラーバランス調整装置1は、読出手段3においてメモ리카ード2Aから読み出された画像データS0を表示するモニタ8と、画像データS0が蛍光灯下において撮影がなされた場合にそれを指定するための蛍光灯指定キー9とを備え、パラメータ生成手段6においては、蛍光灯指定キー9により蛍光灯が指定された場合には上記第1の実施形態と同様の処理により処理パラメータPを生成し、蛍光灯が指定されなかった場合には、式(1)に示すvon Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスを処理パラメータPとして生成するようにしたものである。

【0080】以下、第2の実施形態の動作について説明する。図6は第2の実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、デジタルカメラ2において撮影が行われて画像データS0が記憶されたメモ리카ード2Aから、読出手段3において画像データS0が読み出される(ステップS11)。画像データS0はモニタ8に表示される(ステップS12)。また、白色点算出手段4において画像データS0の白色点のLMS三刺激値 L_{1w} 、 M_{1w} 、 S_{1w} が算出される(ステップS13)。そして、蛍光灯指定キー9がオンされたか否かが判断され(ステップS14)、オンされた場合には、上記第1の実施形態と同様の処理により処理パラメータPが生成される(ステップS15)。一方、蛍光灯指定キー9がオンされていない場合には、式(1)に示すvon

Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスが処理パラメータPとして生成される(ステップS16)。このように生成された処理パラメータPはカラーバランス調整処理手段7に入力され、この処理パラメータPにより画像データS0に対してカラーバランスを調整する処理が施されて処理済み画像データS3が得られ(ステップS17)、処理を終了する。

【0081】このように、第2の実施形態においては、第1の実施形態により生成された処理パラメータPによるカラーバランス調整方法と、von Kriesの色順応予測式に基づく処理パラメータPによるカラーバランス調整方法とを、蛍光灯指定キー9のオン/オフに応じて切り替えるようにしたため、屋光下において撮影を行うことにより得られた画像のように、簡易にカラーバランス調整処理を施すことができる場合には、第1の実施形態の方法により処理パラメータPを生成しなくとも、von Kriesの色順応予測式のように簡易に処理パラメータPを生成できるため、処理を高速に行うことができる。

【0082】なお、第2の実施形態においては、蛍光灯指定キー9により蛍光灯下において撮影が行われた場合を指定可能としているが、蛍光灯に加えてタングステン光のように他の種類の光源を指定可能としてもよい。また、蛍光灯を指定する場合に、普通型蛍光灯、3波長型蛍光灯、高演色型蛍光灯のように蛍光灯の種類を指定可能としてもよい。また、このように複数の種類の光源を指定可能とした場合、画像データS0をモニタ8に表示したのみでは、光源の種類を特定できない場合がある。このような場合には、何らかの光源を指定して処理を行って処理済み画像データS3を得、これをモニタ8に表示して所望とする色が得られたか否かを確認し、所望とする色が得られるまで光源の種類を変更してカラーバランス調整処理を行えばよい。

【0083】次いで、本発明の第3の実施形態について説明する。図7は本発明の第3の実施形態によるカラーバランス調整装置の構成を示す概略ブロック図である。なお、第3の実施形態において、第1の実施形態と同一の構成については同一の参照番号を付し、詳細な説明は省略する。第3の実施形態によるカラーバランス調整装置1は、デジタルカメラ2に蛍光灯指定キー10を設け、撮影時に撮影者が画像データS0にその画像が蛍光灯下において撮影されたことを示す情報Fを付与するようにしたものである。そして、読出手段3においては画像データS0に情報Fが付与されている場合、この情報Fをパラメータ生成手段6に入力し、パラメータ生成手段6においては、画像データS0に情報Fが付与されている場合には上記第1の実施形態と同様の処理により処理パラメータPを生成し、情報Fが付与されていない場合には、式(1)に示すvon Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスを処理パラメータPとして生成するようにしたものである。

【0084】以下、第3の実施形態の動作について説明する。図8は第3の実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、デジタルカメラ2において撮影が行われて画像データS0が記憶されたメモリカード2Aから、読出手段3において画像データS0が読み出される(ステップS21)。この際、撮影時に撮影手段2の蛍光灯指定キー10がオンとされて画像データS0に蛍光灯下で撮影がなされたことを表す情報Fが付与されている場合は、これも同時に読み出され、パラメータ生成手段6に入力される。また、白色点算出手段4において画像データS0の白色点のLMS三刺激値 L_{1w} , M_{1w} , S_{1w} が算出される(ステップS22)。そして、パラメータ生成手段6において情報Fが入力されたか否かが判断され(ステップS23)、情報Fが入力された場合には、上記第1の実施形態と同様の処理により処理パラメータPが生成される(ステップS24)。一方、情報Fが入力されていない場合には、式(1)に示すvon Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスが処理パラメータPとして生成される(ステップS25)。このように生成された処理パラメータPはカラーバランス調整処理手段7に入力され、この処理パラメータPにより画像データS0に対してカラーバランスを調整する処理が施されて処理済み画像データS3が得られ(ステップS26)、処理を終了する。

【0085】次いで、本発明の第4の実施形態について説明する。図9は本発明の第4の実施形態によるカラーバランス調整装置の構成を示す概略ブロック図である。なお、第4の実施形態において、第1の実施形態と同一の構成については同一の参照番号を付し、詳細な説明は省略する。上記第2および第3の実施形態においては、蛍光灯指定キー9の入力の有無あるいは画像データS0への情報Fの付与の有無に応じて、パラメータ生成手段6における処理パラメータPの生成方法を変更しているが、第4の実施形態においては、第1の実施形態と同様の処理により処理パラメータP1の生成を行う第1のパラメータ生成手段6Aおよびvon Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスを処理パラメータP2として生成する第2のパラメータ生成手段6Bをそれぞれ別個に設け、第1および第2のパラメータ生成手段6A, 6Bへの入力を切替手段11により切り替えるようにしたものである。なお、切替手段11における切り替えは、第2の実施形態と同様に蛍光灯指定キー9の入力の有無に応じて行えばよいが、第3の実施形態と同様に、デジタルカメラ2において画像データS0に付与された情報Fの有無に応じて行ってもよい。

【0086】次いで、第4の実施形態の動作について説明する。図10は第4の実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、デジタルカメラ2において撮影が行われて画像データS0が記憶されたメモリカード2Aから、読出手段3において画像データS0が読み出され

る(ステップS31)。画像データS0はモニタ8に表示される(ステップS32)。また、白色点算出手段4において画像データS0の白色点のLMS三刺激値 L_{1w} , M_{1w} , S_{1w} が算出される(ステップS33)。そして、蛍光灯指定キー9がオンされたか否かが判断され(ステップS34)、オンされた場合には、切替手段11により第1のパラメータ生成手段6AへLMS三刺激値 L_{1w} , M_{1w} , S_{1w} が入力され、上記第1の実施形態と同様の処理により処理パラメータP1が生成される(ステップS35)。一方、蛍光灯指定キー9がオンされていない場合には、切替手段11により第2のパラメータ生成手段6BへLMS三刺激値 L_{1w} , M_{1w} , S_{1w} が入力され、式(1)に示すvon Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスが処理パラメータP2として生成される(ステップS36)。このように生成された処理パラメータP1またはP2はカラーバランス調整処理手段7に入力され、この処理パラメータP1またはP2により画像データS0に対してカラーバランスを調整する処理が施されて処理済み画像データS3が得られ(ステップS37)、処理を終了する。

【0087】ここで、第1の実施形態による処理パラメータP1の生成においては 3×3 のマトリクスを演算する必要があるが、von Kriesの色順応予測式に基づく場合には単にLMS生理原色を定数倍する処理パラメータP2を生成すればよいものである。このため、第4の実施形態のように、処理パラメータP1, P2を生成する手段をそれぞれ別個に設けることにより、とくに蛍光灯指定キー9がオンされなかった場合には演算を高速に行うことができるため、カラーバランス調整処理の高速化を図ることができる。

【0088】なお、上記第1から第4の実施形態においては、本発明によるカラーバランス調整装置を単独の装置として用いているが、本発明によるカラーバランス調整装置をプリンタに設けてもよい。この場合、第2の実施形態における蛍光灯指定キー9をハードウェアとして設ける必要はなく、プリンタドライバに付属するキーボタンとしてもよい。

【0089】また、本発明によるカラーバランス調整装置をデジタルカメラ2に設けてもよい。以下、これを第5の実施形態として説明する。図11は本発明によるカラーバランス調整装置を備えたデジタルカメラの構成を示す概略ブロック図である。なお、デジタルカメラ2には上記第1から第4の実施形態のいずれのカラーバランス調整装置をも設けることができるが、ここでは第2の実施形態によるカラーバランス調整装置を設けたものとして説明する。図11に示すようにデジタルカメラ2は、CCD等の撮像手段12と、撮像手段12において得られた画像データS0を表示する小型の液晶モニタ13と、蛍光灯指定キー14と、第1の実施形態と同様の白色点算出手段4、データベース5、パラメータ生成手

段6、およびカラーバランス調整処理手段7とを備え、カラーバランス調整処理手段7において得られた処理済み画像データS3をメモリカード2Aに記憶するものである。

【0090】以下、第5の実施形態の動作について説明する。図12は第5の実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、撮像手段12において被写体が撮像されて画像データS0が得られる(ステップS41)。画像データS0は液晶モニタ13に表示される(ステップS42)。また、白色点算出手段4において画像データS0の白色点のLMS三刺激値 L_{1w} 、 M_{1w} 、 S_{1w} が算出される(ステップS43)。そして、蛍光灯指定キー14がオンされたか否かが判断され(ステップS44)、オンされた場合には、上記第1の実施形態と同様の処理により処理パラメータPが生成される(ステップS45)。一方、蛍光灯指定キー14がオンされていない場合には、式(1)に示すvon Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスが処理パラメータPとして生成される(ステップS46)。このように生成された処理パラメータPはカラーバランス調整処理手段7に入力され、この処理パラメータPにより画像データS0に対してカラーバランスを調整する処理が施されて処理済み画像データS3が得られる(ステップS47)。処理済み画像データS3はメモリカード2Aに記憶され(ステップS48)、処理を終了する。

【0091】なお、上記第2から第5の実施形態においては、蛍光灯指定キーがオンされなかった場合、あるいは画像データS0に情報Fが付与されなかった場合に、von Kriesの色順応予測式に基づくマトリクスを処理パラメータP、P2として生成してカラーバランス調整処理を行っているが、例えば上記式(10)により求めた各色信号の平均値 R_2 、 G_2 、 B_2 を一致させるような処理パラメータを求めてカラーバランス調整処理を行ってもよい。

【0092】また、上記各実施形態においては、LMS色空間において処理パラメータPの生成およびカラーバランス調整処理を行っているが、とくに第5の実施形態のように本発明によるカラーバランス調整装置をデジタルカメラに設けた場合は、処理時間短縮のためにRGB色空間において処理パラメータPの生成およびカラーバランス調整処理を行うことが好ましい。この場合、上記式(13)により算出した色信号の平均値 R_2 、 G_2 、 B_2 を光源1の白色点の三刺激値 R_{1w} 、 G_{1w} 、 B_{1w} とし、データベース5には、既知光源A、Bの白色点の三刺激値 R_{Aw} 、 G_{Aw} 、 B_{Aw} 、 R_{Bw} 、 G_{Bw} 、 B_{Bw} と、既知光源下における被写体のRGB三刺激値を観察光源下における被写体のRGB三刺激値に変換するための既知光源のパラメータとを対応付けて記憶しておく。

【0093】そして、光源1の白色点の三刺激値

R_{1w} 、 G_{1w} 、 B_{1w} が算出されると、図13に示すようにRGB色空間において、既知光源A、Bの白色点の三刺激値 R_{Aw} 、 G_{Aw} 、 B_{Aw} 、 R_{Bw} 、 G_{Bw} 、 B_{Bw} と光源1の白色点の三刺激値 R_{1w} 、 G_{1w} 、 B_{1w} との距離を求め、上記第1の実施形態と同様に式(20)に示すように交点Cに対応する光源下におけるRGB三刺激値を光源2下におけるRGB三刺激値に変換するためのマトリクスPcを生成し、必要であればさらに上記マトリクスMを生成してこれを処理パラメータPとすればよい。

【0094】また、上記各実施形態においては、既知光源からの距離に応じて図14に示すように処理パラメータPを生成する既知光源を選択するようにしてもよい。すなわち、図14に示すように、LMS色空間において既知光源A、B、Cを設定し、既知光源Aの白色点と既知光源Bの白色点とを結ぶ直線ABに垂直な面M1、既知光源Bの白色点と既知光源Cの白色点とを結ぶ直線BCに垂直な面M2および直線ABと直線BCとから等距離な面M3を設定し、各面M1～M3および直線AB、BCにより規定される領域1～5を定める。そして、光源1がいずれの領域に位置するかを判断し、領域1、5にある場合には、既知光源A、Bと光源1との距離に応じて処理パラメータPを生成し、領域3、4にある場合には、既知光源B、Cと光源1との距離に応じて処理パラメータPを生成し、領域2にある場合には既知光源Bのパラメータをそのまま処理パラメータPとして用いるようにしてもよい。

【0095】また、上記各実施形態においては、生成された処理パラメータPを新たな既知光源のパラメータとしてデータベース5に記憶するようにしてもよい。これにより、新たな既知光源と同一の撮影光源下において撮影を行うことにより得られた画像のカラーバランスを調整する際には、同一の演算を行って処理パラメータPを生成する必要がなくなるため、カラーバランス調整処理を効率よく行うことができる。

【0096】さらに、上記各実施形態においては、上記式(11)～(15)により画像データS0の白色点の三刺激値を算出しているが、例えば特願平11-70186号に記載された白色点推定方法により画像データS0の白色点の三刺激値を算出してもよい。以下、特願平11-70186号に記載された白色点の三刺激値の算出方法について説明する。

【0097】さらにまた、上記実施形態においては、その光源下における三刺激値を観察光源下における三刺激値に変換するためのパラメータが未知の光源下において取得された画像データS0に対してカラーバランス調整処理を施しているが、デジタルカメラによっては、撮影により取得した画像データに対してカメラ内においてRGBゲイン補正などのカラーバランス調整処理を行うものもある。この場合、デジタルカメラにおいて得られる

画像データはすでにある観察光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理が施されたものとなっている。また、画像データに対して、ある観察光源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理がすでに施されている場合がある。このように、すでにカラーバランス調整処理が施された画像のある特定の観察光源下において画像を観察する場合、この画像に対してカラーバランス調整処理を施す必要があるが、このような場合にも、上記ある観察光源を光源1として、上記各実施形態と同様に処理パラメータPを生成してカラーバランス調整処理を行うことができる。この場合、撮影により取得した画像データS0、ある観察光

$$u = 4X / (X + 1.5Y + 3Z)$$

$$v = 9Y / (X + 1.5Y + 3Z)$$

そして、上記式(36)により求められた色度値u, vの平均値u0, v0を下記の式(37)により算出す

$$u0 = \Sigma u / n$$

$$v0 = \Sigma v / n$$

但し、n：画素数

次いで平均値u0, v0を下記の式(38)～(40)

$$sx = 9.0 \times u0 \quad (6.0 \times u0 - 16.0 \times v0 + 12.0)$$

$$sy = 4.0 \times v0 \quad (6.0 \times u0 - 16.0 \times v0 + 12.0) \quad (38)$$

$$X0 = sx / sy$$

$$Y0 = 100.0 \quad (39)$$

$$Z0 = (1.0 - sx - sy) / sy$$

$$L0 \quad X0$$

$$M0 = |B| \cdot Y0 \quad (40)$$

$$S0 \quad Z0$$

ここで、マトリクス|B|は、式(34)におけるマトリクスである。そして、このようにして求められた生理原色L0, M0, S0を画像データS0の白色点の三刺激値とするものである。

【0102】さらに、上記各実施形態においては、RGBの色信号からなる画像データS0に対してカラーバランス調整処理を施しているが、これに限定されるものではなく、CMYの色信号からなる画像データS0に対してカラーバランス調整処理を施すものであってもよい。この場合、CMYの色信号からなる画像データS0から白色点のLMS三刺激値を算出し、上記各実施形態と同様に処理パラメータPを生成してカラーバランス調整処理を行えばよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態によるカラーバランス調整装置の構成を示す概略ブロック図

【図2】LMS色空間における処理パラメータの生成を説明するための図(その1)

【図3】LMS色空間における処理パラメータの生成を説明するための図(その2)

【図4】第1の実施形態の動作を示すフローチャート

【図5】本発明の第2の実施形態によるカラーバランス

源下において観察することを前提としたカラーバランス調整処理A、カラーバランス調整処理Aが施された画像データS11、本発明によるカラーバランス調整処理Bおよび処理済み画像データS12の流れは、図15に示すものとなる。

【0098】まず、画像データS0を構成する色信号R0, G0, B0から式(11)、(12)により色信号R1, G1, B1を得、色信号R1, G1, B1を式(33)によりCIE1931XYZ三刺激値に変換するとともに、下記の式(36)によりCIE1976uv色度値に変換する。

$$[0099]$$

$$(36)$$

る。

$$[0100]$$

$$(37)$$

により生理原色L0, M0, S0に変換する。

$$[0101]$$

調整装置の構成を示す概略ブロック図

【図6】第2の実施形態の動作を示すフローチャート

【図7】本発明の第3の実施形態によるカラーバランス調整装置の構成を示す概略ブロック図

【図8】第3の実施形態の動作を示すフローチャート

【図9】本発明の第4の実施形態によるカラーバランス調整装置の構成を示す概略ブロック図

【図10】第4の実施形態の動作を示すフローチャート

【図11】本発明の第5の実施形態によるカラーバランス調整装置を備えたデジタルカメラの構成を示す概略ブロック図

【図12】第5の実施形態の動作を示すフローチャート

【図13】RGB色空間における処理パラメータの生成を説明するための図

【図14】LMS色空間における処理パラメータの生成を説明するための図(その3)

【図15】すでにカラーバランス調整処理が施された画像に対して本発明によるカラーバランス調整処理を施す処理を示す図

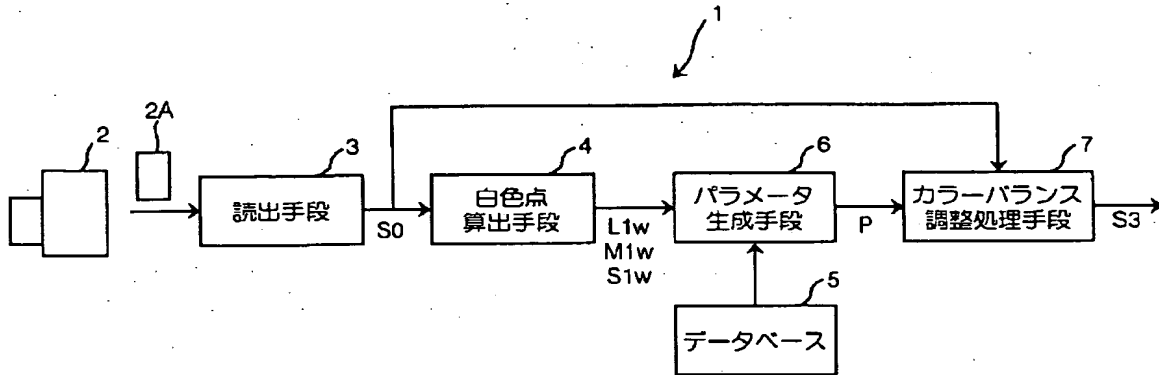
【符号の説明】

- 1 カラーバランス調整装置
- 2 デジタルカメラ

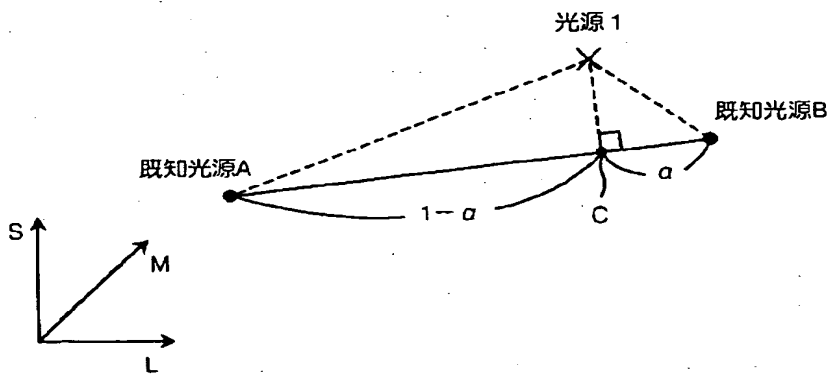
- 3 読出手段
 4 白色点算出手段
 5 データベース
 6 パラメータ生成手段
 7 カラーバランス調整処理手段

- 8 モニタ
 9, 10, 14 蛍光灯指定キー
 12 撮像手段
 13 液晶モニタ

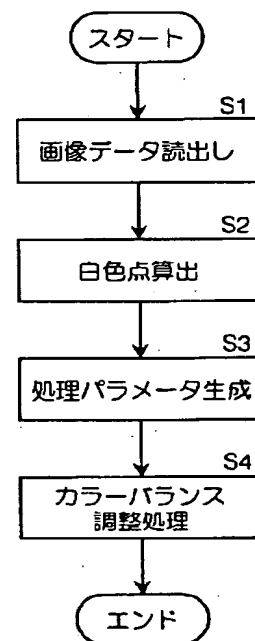
【図1】



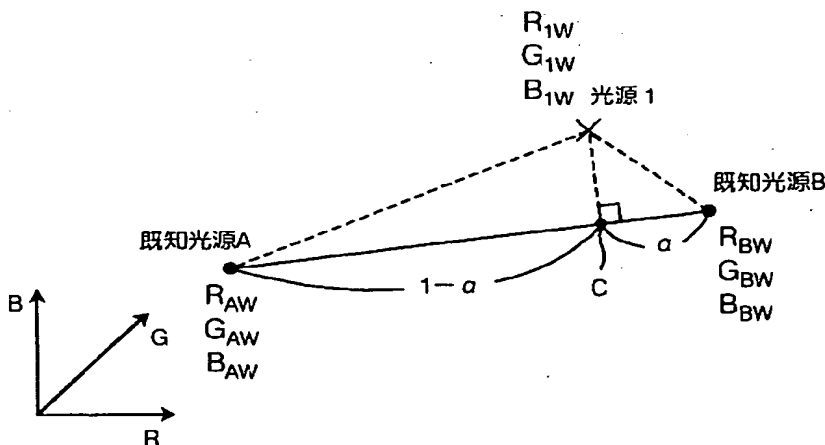
【図2】



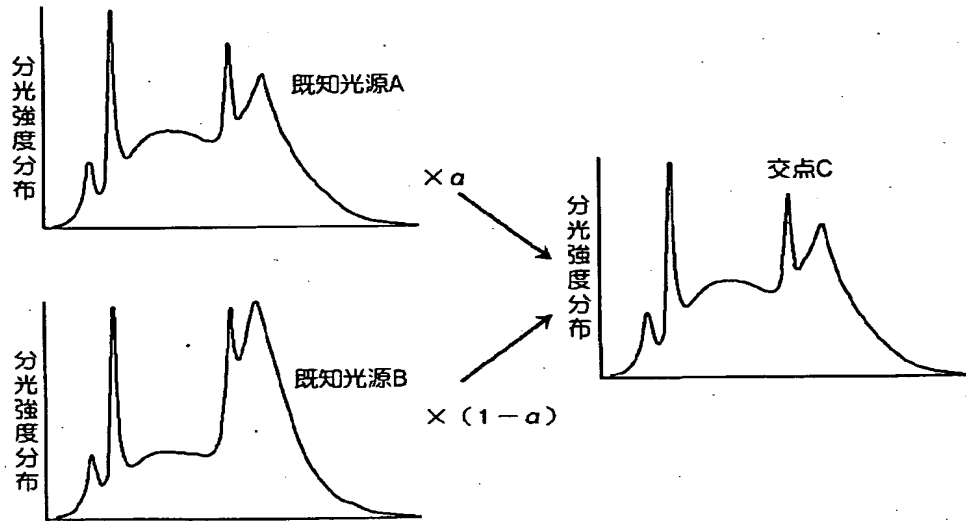
【図4】



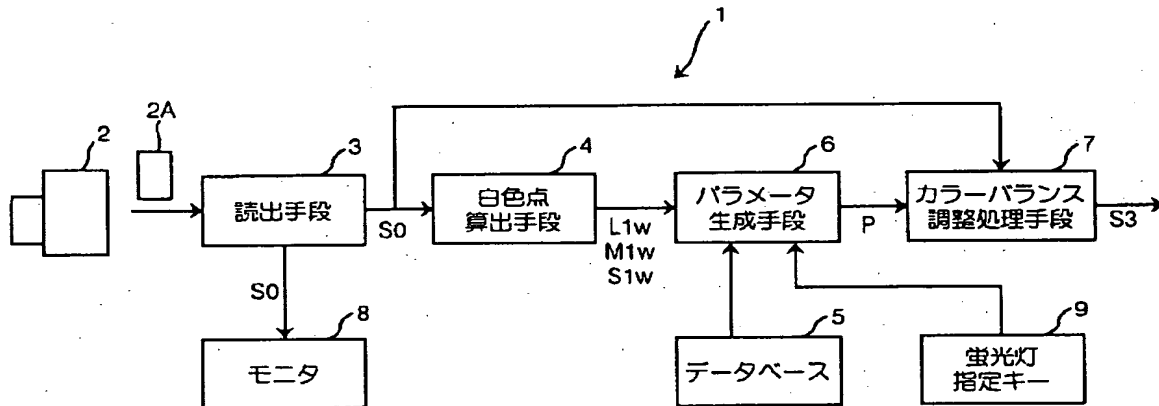
【図13】



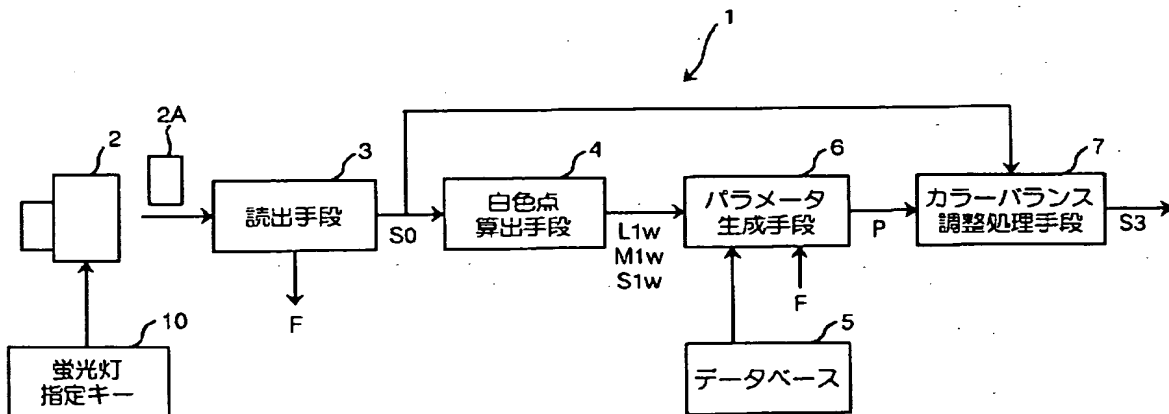
【図3】



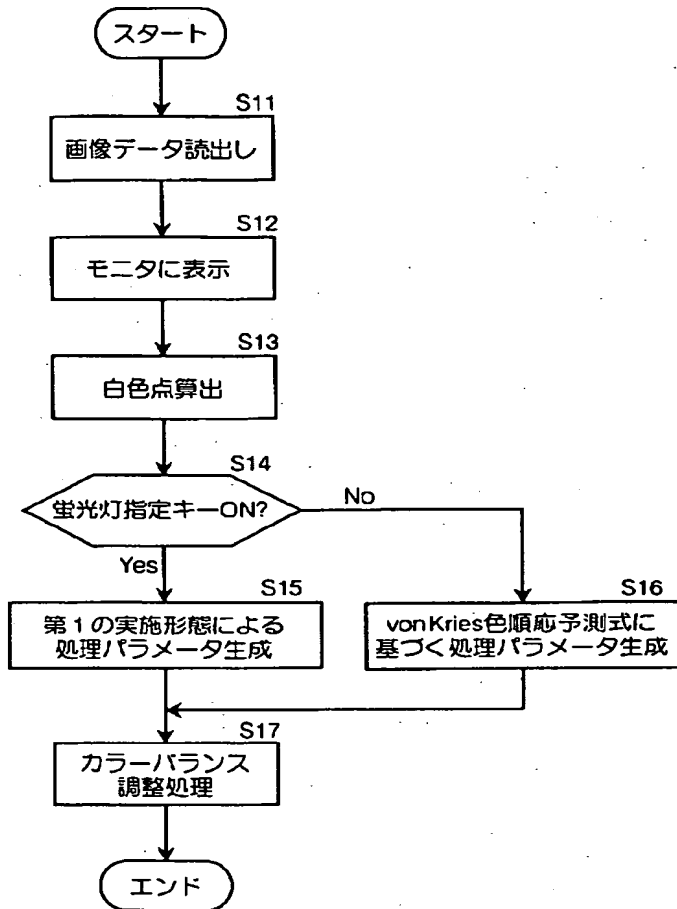
【図5】



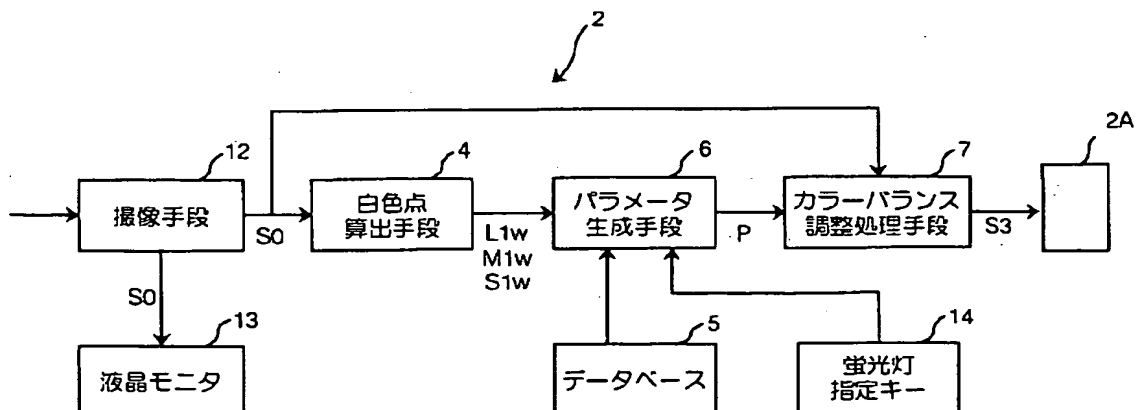
【図7】



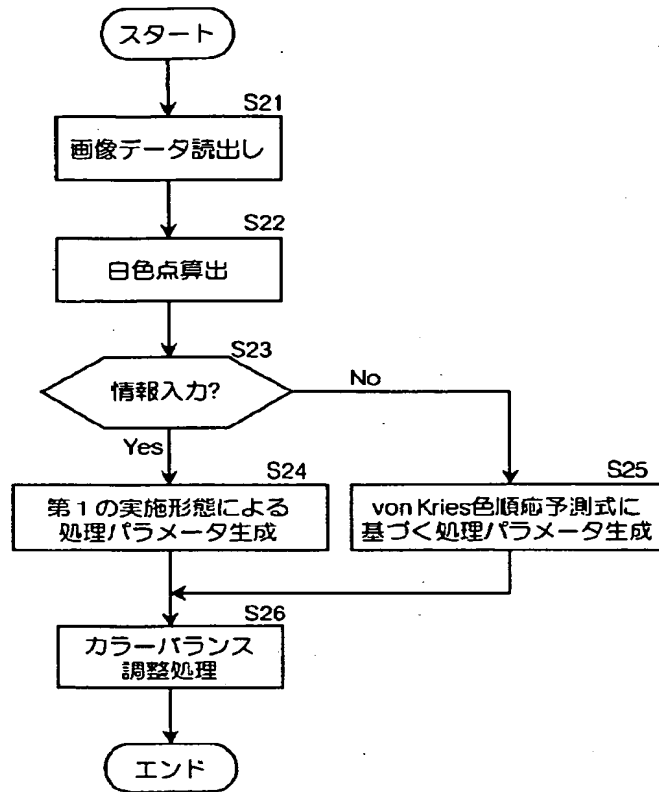
【図6】



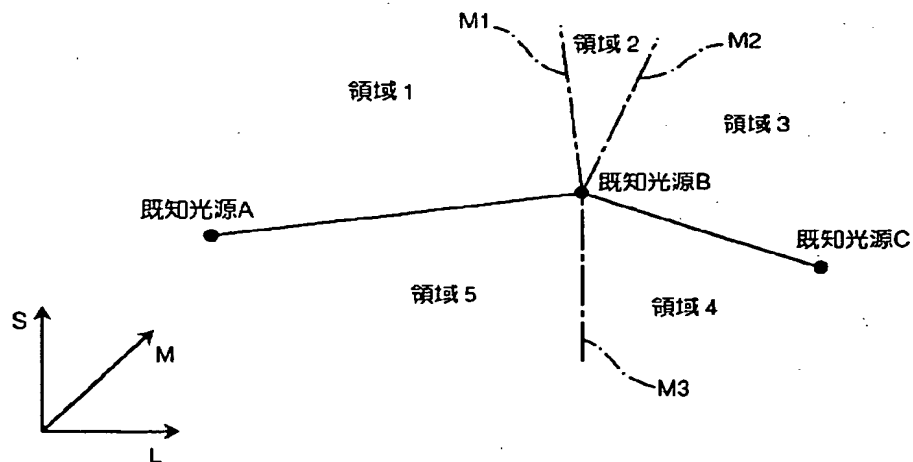
【図11】



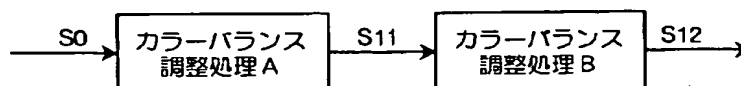
【図8】



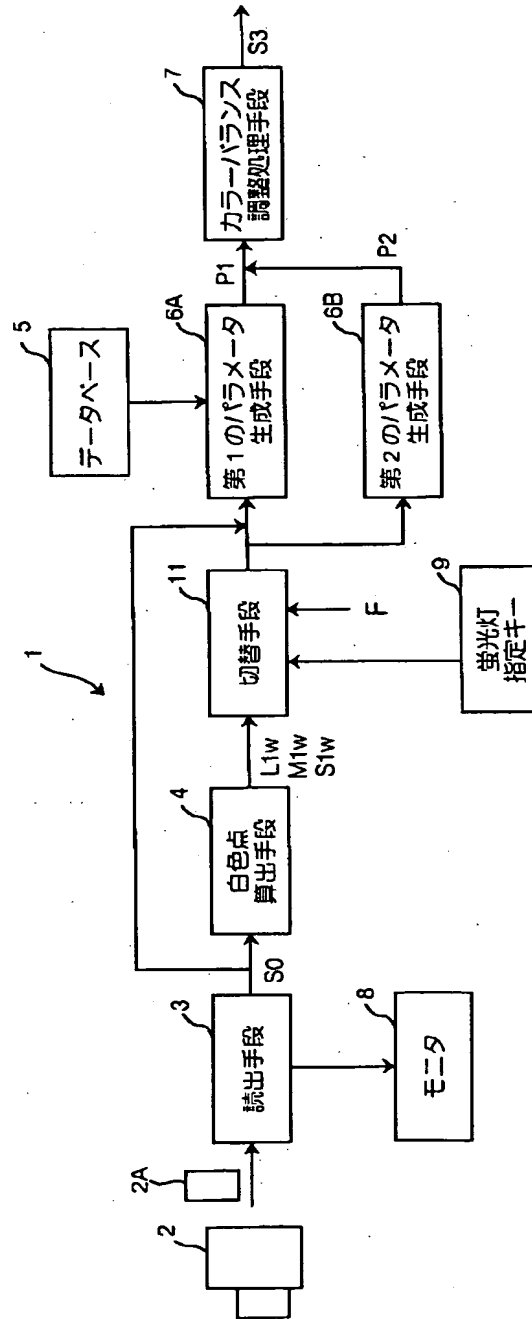
【図14】



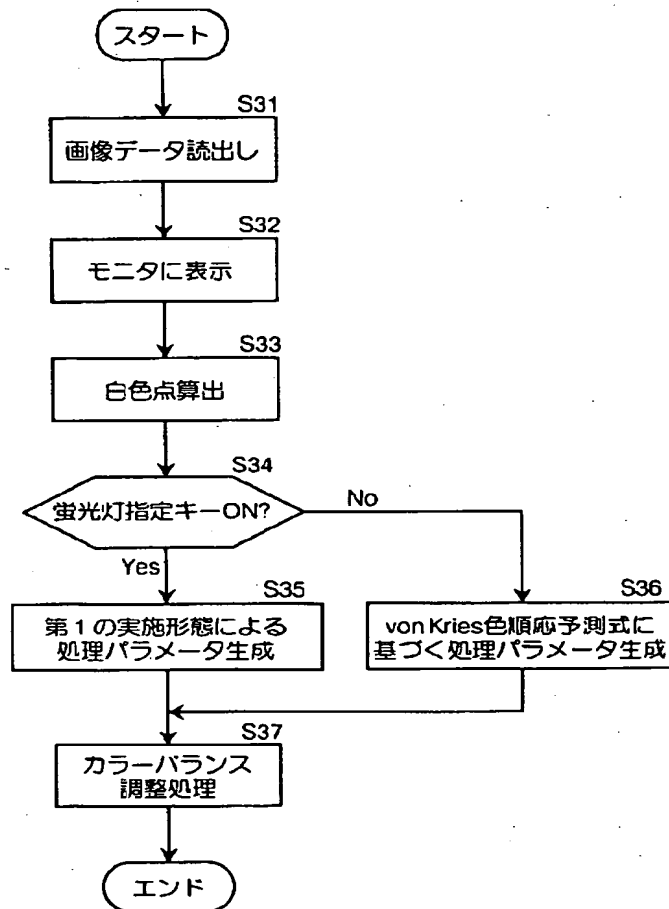
【図15】



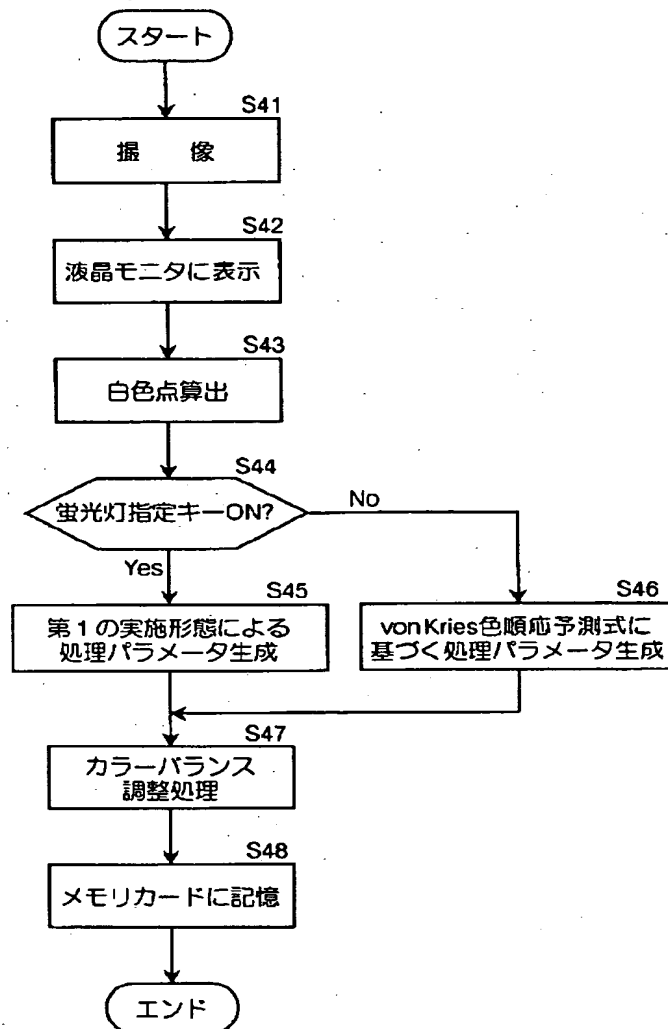
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

// H 0 4 N 101:00

識別記号

F I

H 0 4 N 1/46

テマコード (参考)

Z

Fターム(参考) 5B057 AA20 BA02 CA01 CA08 CA12
CA16 CB01 CB08 CB12 CB16
CC01 CE17 CH01 CH11 CH20
5C065 AA03 BB01 BB04 CC01 CC08
CC09 GG21 GG27 GG32 GG49
5C066 AA01 AA11 BA13 CA27 EB02
EC01 GA01 HA03 KD06 KE02
KE11 KE17
5C077 LL19 MP08 PP31 PP32 PP36
PP37 PP72 PQ08 PQ12 PQ18
PQ22 RR19 SS05 SS06 TT09
5C079 HB01 HB05 JA25 LA23 LA31
LB01 MA01 MA11 NA03 PA00

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ ~~COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS~~
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.